Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi
5(3), 473 – 478, 2017
e-ISSN: 1308-6693

Journal of Engineering Sciences and Design
DOI: 10.21923/jesd.321924

Araştırma Makalesi | Research Article

İNCE DANELİ ZEMİNLERDE KATKI MADDELERİNİN VE DONMA-ÇÖZÜLME ÇEVRİMİNİN SERBEST BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Sıddıka Nilay KESKİN, Ahmetcan SUNGUR, Recep AKAN*, Soner UZUNDURUKAN

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Donma-çözülme çevrimi,
Kireç tozu,
Mermer tozu,
Pomza tozu,
Stabilizasyon.

Özet

Bu çalışmada, hem katkısız hem de katkı malzemeleri kullanılarak stabilize edilmiş ince daneli zeminlerin donma-çözülmeye maruz kalmadan ve maruz kaldıktan sonraki serbest basınç mukavemeti değişimleri incelenmiştir. Numuneler hem katkısız olarak hem de ağırlıkça % 5 ve % 10 oranlarında katkılı olarak hazırlanmıştır. Katkı malzemesi olarak mermer tozu, pomza tozu ve kireç tozu kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler; anında, 48 saat, 1 hafta ve bir ay olmak üzere farklı kür süreleri ile 1 ve 2 donma-çözülme çevrimlerinden sonra serbest basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Sonuç olarak incelenen kil numunesinin serbest basınç mukavemetini mermer tozunun %25 seviyelerine kadar düşürdüğü, pomza tozunun % 123 seviyelerine yükselttiği ve kireç tozunun % 389 seviyelerine kadar yükselttiği görülmüştür. Donma-çözülmeye maruz bırakılan numunelerin serbest basınç mukavemetlerinde ise katkısız durumda % 81 seviyelerine, mermer tozu katkılı durumda % 37 seviyelerine, pomza tozu katkılı durumda % 56 seviyelerine ve kireç taşı katkılı durumda % 73 seviyelerine kadar azalma gözlenmiştir.

THE EFFECT OF FREEZING-THAWING CYCLES ON ENGINEERING PROPERTIES OF FINE GRAINED SOILS STABILIZED WITH ADDITIVE AGENTS

Keywords

Freezing-thawing cycles,
Lime dust,
Marble dust,
Pumice dust,
Stabilization.

Abstract

In this study, unconfined compression strength changes that before and after freezing – thaw cycles of fine grained soils are additive-free and stabilized with an additive agent used stabilized to fine-grained soils are investigated. Marble dust, pumice dust and lime dust are used as additive agent. Specimens are prepared as additive-free and additive agents %5 and %10 percentage by weight are prepared. Prepared specimens subjected to unconfined compression tests at diversified curing periods and at after one and two freezing-thawing cycles. Test results showed that marble dust had not favorable influence, but pumice dust and lime dust had favorable effect at only proper percentages. On the other hand, it was observed that the specimens additive-free and stabilized with additive agents are exposed to freezing-thawing cycles had been affected negatively in terms of unconfined compression strength.

Alıntı / Cite

Keskin S.N., Sungur A., Akan R., Uzundurukan S., (2017). İnce Daneli Zeminlerde Katki Maddelerinin Ve Donma-Çözülme Çevriminin Serbest Basinç Dayanimina Etkisi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(3), 473-478.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

* İletişim yazarı / Corr. author: recepakan@sdu.edu.tr

S.N. Keskin, 0000-0002-0367-943X;
A. Sungur, 0000-0001-6200-7601;
R. Akan, 0000-0002-9277-1659;
S. Uzundurukan, 0000-0003-4080-6642;

Başvuru Tarihi /Submission Date	16.06.2017
Revizyon Tarihi / Revision Date	18.09.2017
Kabul Tarihi / Accepted Date	10.10.2017
Yayım Tarihi / Published Date (Online)	07.11.2017

1. Giriş

İnşaat mühendisliğinde en önemli hususlardan biri de yapının inşa edileceği zeminin özellikleridir. Bu zeminin üzerine inşa edilecek yapıyı güvenli bir şekilde taşıyabilmesi gerekmektedir. Yapıların inşa edilecekleri alanlarda sorunlu zeminlerle sıkça karşılaşılmaktadır. Bu gibi durumlarda sorunlu zeminlerin geçirimliliğini azaltmak, sıvılaşma potansiyelini azaltmak, emme-şişme ve oturma özelliklerini iyileştirmek, kayma mukavemetini arttırmak gibi amaçlarla çeşitli stabilizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden yaygın olarak kullanılanlardan bir tanesi de katkı malzemeleri ile stabilizasyondur.
Zeminlerin stabilizasyonu üzerine son yıllarda yapılan araştırmalarda artış görülmektedir. Yapılan bu araştırmalarda; çeşitli katkı maddelerinin zeminin iyileştirilmesi için kullanıldığı görülmektedir (Aytekin, 2002). Zemin incelemelerinde farklı zemin türleriyle karşılaşıldığından, katkı maddeleri ile stabilizasyon yönteminde, zeminin özelliklerine ve sorununa uygun katkı malzemesi kullanılması gerekmektedir (Kaplan ve Keskin, 2016).

İlk çalışmalarda bitkisel malzemeler katkı maddesi olarak kullanılmaya başlanmış olsa da günümüzde kimyasal içerikli katkı maddeleri de kullanılmaktadır (Aytekin, 2002). Katkı maddeleri olarak; kireç tozu, pomza tozu, mermer tozu, çimento, uçucu kül, bitüm gibi malzemeler yaygın olarak araştırma konusu olmuştur (Zorluer ve Usta, 2003).

Mevsimsel sıcaklık farklılıklarının fazla olduğu ve soğuk iklim şartlarına maruz kalan bölgelerdeki temel zemini donma-çözülme olayına maruz kalabilmektedir. Bu bölgelerdeki zeminlerin donma-çözülme etkisiyle, fiziksel ve mekanik özelliklerinde de değişimler meydana gelebilmektedir. İklim şartları, yapılacak yapı ile ilgili özellikler, zemin türü ve özellikleri gibi parametreler zeminlerin donma-çözülme sonrası davranışını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle donma-çözülmeye maruz kalan bölgelerde yapılacak olan mühendislik yapılarının tasarımında donma-çözülmenin zemine etkisinin dikkate alınması gerekmektedir (Işık vd., 2014).

Doğal zeminlerde olduğu gibi katkı malzemeleri ile stabilize edilen zeminlerde de donma-çözülme çevrimine maruz kalmakta ve mühendislik özellikleri bu çevrimlerden etkilenmektedir.

Bu çalışmada, hem katkısız hem de katkı malzemeleri kullanılarak stabilize edilmiş ince daneli zeminlerin farklı kür süreleri sonunda donma-çözülmeye maruz kalmadan ve maruz kaldıkları durumlar için serbest basınç mukavemeti değişimleri incelenmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Donma-çözülme çevrimi sonucunda zeminlerin ve betonun mukavemet, taşıma gücü, geçirimlilik vb. mühendislik özelliklerindeki değişimler çeşitli araştırmacılarca incelenmiştir.

Tan vd. (2012), çimento ve uçucu kül ile stabilize edilmiş ve donma-çözülme çevrimine maruz şişen bir zeminin davranışına etki eden parametreleri araştırmışlardır. Donma-çözülme çevrim sayıları ve çimento yüzdesinin daha az etkili olduğunu ve özellikle artan uçucu kül miktarı ile numuneler üzerinde donma-çözülme çevrimlerinin etkilerinin minimize edildiğini görmüşlerdir.

Zaimoğlu vd. (2012), ince daneli zemin içerisine rastgele dağıtılmış farklı boydaki (3mm, 6mm ve 12mm) polipropilen liflerin donma-çözülme davranışı üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve donma-çözülme çevrim sayısının artması ile serbest basınç dayanımının azaldığını belirlemişlerdir.

Özgan vd. (2012), kohezyonlu zeminlerin donma-çözülmeye maruz kalmadan önceki fiziksel özeliklerini belirlemiş, aynı zemin numunelerinin donma-çözülmeye maruz kaldıktan sonraki fiziksel özellikleri ile karşılaştırarak meydana gelen değişimleri incelemişlerdir.

Zaimoğlu vd. (2013),donma-çözülme deneyini geleneksel yöntemin dışında numune üzerine yük uygulayarak gerçekleştirmişler ve üzerinde yük olan zeminlerin donma-çözülme sonrası serbest dayanımlarının geleneksel yöntem ile elde edilen serbest dayanımlara göre daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

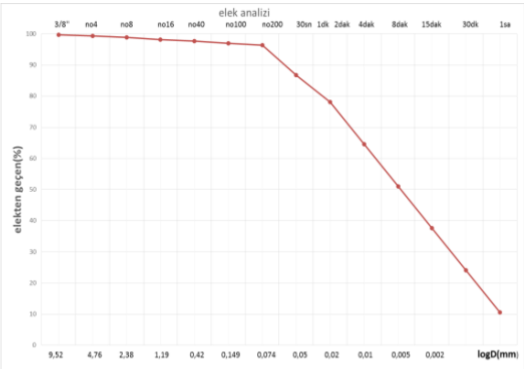
Işık vd. (2014), donma-çözülmenin zemin davranışına etkisini incelemek amacıyla standart proktor enerjisi ile sıkıştırılarak hazırlanan zemin numuneleri

üzerinde donma-çözülme deneyleri yapmış ve elde ettikleri sonuçlara dayanarak donma-çözülmenin mukavemet kayıplarına neden olduğunu belirtmişlerdir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Materyal

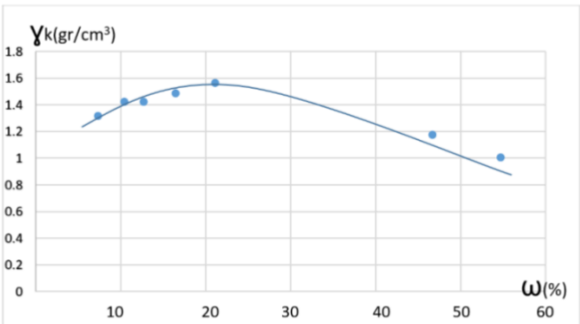
Bu çalışmada, Burdur'un Bucak ilçesinden alınan kil numunesi kullanılmıştır. Zemin numunesinin mühendislik özelliklerinin belirlenebilmesi için laboratuvarda elek analizi, hidrometre, kıvam limitleri,piknometre ve kompaksiyon deneyleri ve serbest şişme deneyi gerçektirilmiş ve sonuçlar aşağıda şekiller ve tablolar ile sunulmuştur.



Şekil 1. Burdur'un Bucak ilçesinden alınan kil numunesine ait granülometri eğrisi

Tablo 1. İncelenen zemin numunesine ait kıvam limitleri deneyi sonuçları

Plastik Limit	Likit Limit	Rötre Limiti	Plastiklik İndeksi
%20	%53	%8	%33



Şekil 2. Kompaksiyon eğrisi

Bu çalışmada kullanılacak olan Bucak kilinin zemin sınıfı, yapılan elek analizi,hidrometre ve kıvam limitleri deneyleri sonucunda CH(Yüksek plastisiteli kil) olarak belirlenmiştir. Aynı zemin numunesinin optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı, yapılan standart proktor deneyi sonucunda ω_{opt} = %22 ve γ_{kmax} = 15.8 kN/m³ olarak bulunmuştur.

Zemin numunesinin şişme özelliğinin ve serbest şişme basıncının belirlenebilmesi için, zemin numunesi konsolidasyon ringine yerleştirilmiş ve serbest şişmeye bırakılmıştır. Numune de 12 mm ' lik bir şişme davranışı görülmüş ve şişmenin durmasından sonra numune eski haline getirilmek üzere ağır ağır üzerine yükler konulmuş ve 0 mm konumuna 0,09178 kN ağırlıkla ulaşılabilmiştir. Bunun da 229 kPa' lik bir serbest şişme basınç değerine karşılık geldiği hesaplanmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada kullanılan zemin numunesi ve katkı maddeleri olan mermer tozu, pomza tozu ve kireç tozu No:40 eleğinden geçirilerek kullanılmıştır.

Serbest basınç deneyine tabi tutulacak numuneler proktor deneyinden elde edilen optimum su muhtevasında ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkta olacak şekilde, pirinç bir kalıp içerisinde 38 mm çapta ve 76 mm yükseklikte hidrolik kriko vasıtasıyla statik olarak sıkıştırılmıştır.

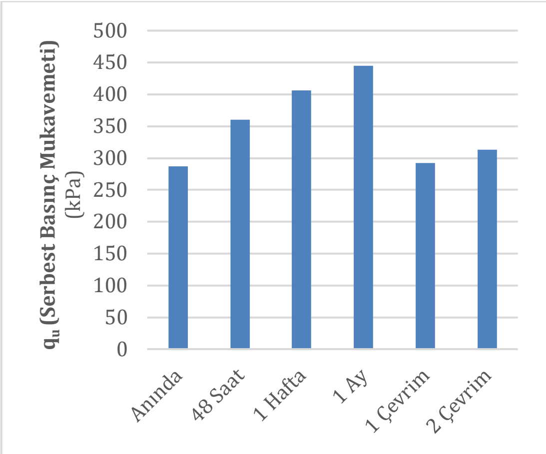
Numuneler katkısız, her katkı malzemesinden ağırlıkça %5 ve %10 oranında katılarak 7 farklı içerikte hazırlanmıştır. Hazırlanın numuneler anında, 48 saat sonra, 1 hafta sonra, 1 ay sonra, 1 donma-çözülme çevrimine maruz kaldıktan sonra ve 2 donma-çözülme çevrimine maruz kaldıktan sonra serbest basınç deneyiyle kırılmışlardır. Hazırlanan katkısız ve katkı malzemeli numuneler kür süreleri boyunca desikatörde muhafaza edilmiştir. Donma-çözülmeye maruz kalan numuneler ise hazırlandıkları kalıp içerisinde ve ASTM D500'de verilen yönteme göre 1 çevrim (-23 °C soğuklukla 24 saat dondurucuda, +18 °C sıcaklıkta 23 saat dış ortamda bekletilerek) ve 2 çevrim (1 çevrimde uygulanan işlemin 2 defa tekrarlanması işlemi) sonrasında serbest basınç deneylerine tabi tutulmuşlardır.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Deneysel Sonuçlar

4.1.1. Kür Süresinin ve Donma-Çözülme Çevrimlerinin Katkısız Kil Numunelerinin Serbest Basınç Mukavemetine Etkisi

Bu aşamada katkısız olarak hazırlanan numuneler anında, 48 saat sonra, 1 hafta sonra, 1 ay sonra, 1 donma-çözülme çevrimine maruz bırakılarak ve 2 donma-çözülme çevrimine maruz bırakılarak serbest basınç deneyi ile kırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 3'te sütun grafiği halinde gösterilmiştir.



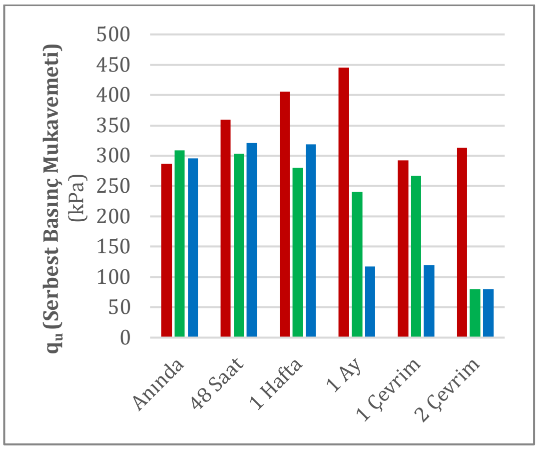
Şekil 3. Katkısız kil numuneleri için kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi

Şekil 3' te görüldüğü gibi, katkısız kil numunesi kür süresinin artmasıyla mukavemet kazanmaktadır. Bunun en önemli nedeninin kür süresi arttıkça zemin daneleri arasındaki fiziksel ve kimyasal bağların zamanla kuvvetli hale gelmesi olduğu tahmin edilmektedir.

Ayrıca, 1 çevrime maruz kalmış durumdaki ve çevrime maruz kalmadan 48 saat sonunda elde edilen serbest basınç mukavemetleri karşılaştırıldığında donma-çözülme çevrimine maruz kalan numunenin serbest basınç dayanımında azalma meydana geldiği görülmüştür.

4.1.2. Kür Süresinin ve Donma-Çözülme Çevrimlerinin Katkılı Kil Numunelerinin Serbest Basınç Mukavemetine Etkisi

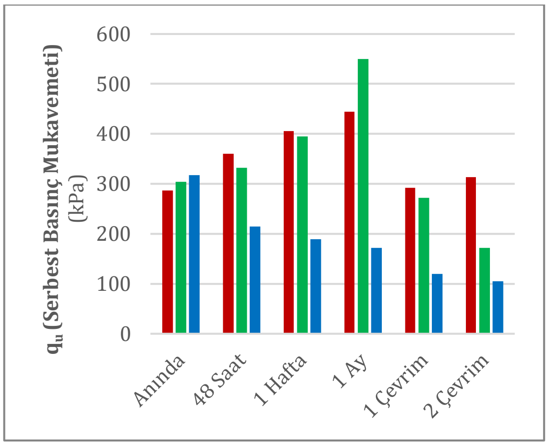
Katkı maddesi olarak mermer tozu, pomza tozu ve kireç tozundan ağırlıkça %5 ve %10 oranlarında ilave edilerek hazırlanan numuneler anında, 48 saat sonra, 1 hafta sonra, 1 ay sonra, 1 donma-çözülme çevrimine maruz bırakılarak ve 2 donma-çözülme çevrimine maruz bırakılarak serbest basınç deneyi ile kırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6' da sütun grafiği halinde gösterilmiştir.



Şekil 4. Katkısız kil numuneleri ile %5 ve %10 mermer tozu katkısı ile hazırlanmış ince daneli zemin numunesini kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi (soldan sağa sırasıyla katkısız,%5 katkılı ve %10 katkılı).

Şekil 4' te görüldüğü gibi %5 mermer tozu ilave edilerek hazırlanan numunelerde serbest basınç mukavemeti katkısız duruma göre genel olarak düşüş göstermiştir. Buna karşın %10 mermer tozu ilave edilerek hazırlanan numunelerde, serbest basınç mukavemeti katkısız duruma göre kısa vadede artıyor gözükürken, uzun vadede düşüş göstermiştir.

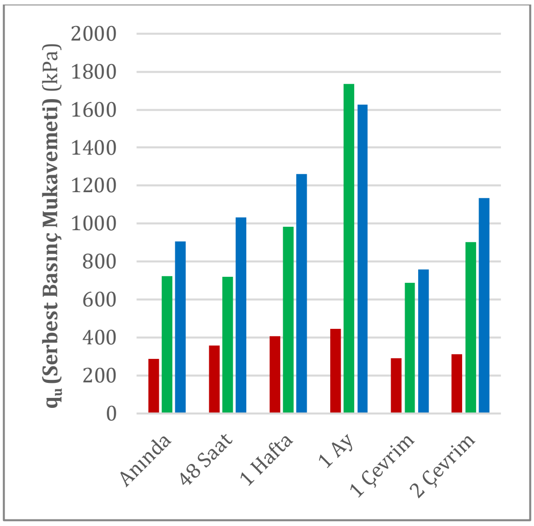
Donma-çözülme çevrimlerine maruz kalan %5 ve %10 mermer tozu katkılı numuneler, çevrim sayısının artmasıyla sünekleşmiş ve mukavemet değerlerinde büyük ölçüde azalma görülmüştür.



Şekil 5. Katkısız kil numuneleri ile %5 ve %10 pomza tozu katkısı ile hazırlanmış ince daneli zemin numunesini kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi (soldan sağa sırasıyla katkısız,%5 katkılı ve %10 katkılı).

Ağırlıkça %5 pomza tozu ilave edilerek hazırlanan numunelerde kür süresi arttıkça serbest basınç mukavemeti artmış; %10 pomza tozu ilave edilerek hazırlanan numunelerde, anında kırılan numune hariç kür süresinin artmasıyla serbest basınç mukavemeti düşüş göstermiştir. Bunun yanı sıra numunenin hem 1

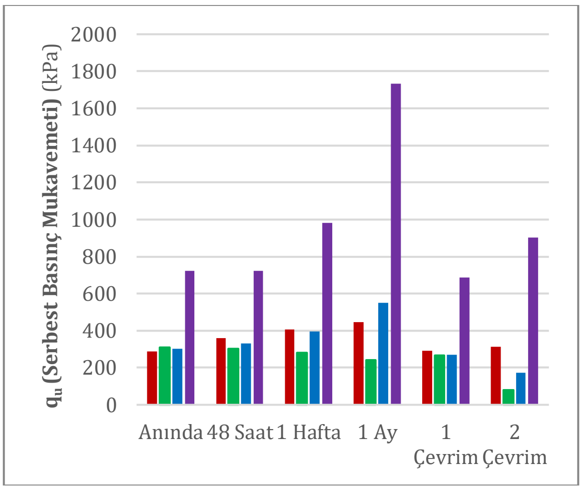
donma-çözülme çevrimine hem de 2 donma-çözülme çevrimine maruz kalması durumunda serbest basınç mukavemeti düşüş göstermiştir(Şekil 5).



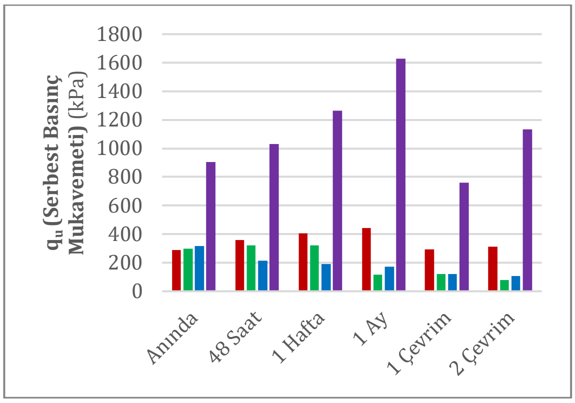
Şekil 6. Katkısız kil numuneleri ile %5 ve %10 kireç tozu katkısı ile hazırlanmış ince daneli zemin numunesini kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi (soldan sağa sırasıyla katkısız,%5 katkılı ve %10 katkılı).

Kireç tozunun %5 ve %10 oranda ilave edildiği her iki durumda, kür süresinin artmasıyla serbert basınç mukavemetinde 5 kata varan artış gözlemlenmiştir. Diğer katkı maddeleriyle hazırlanmış numunelerde de olduğu gibi kireç tozu ilave edilerek hazırlanan numuneler donma-çözülme çevrimindem olumsuz etkilenmiştir (Şekil 6).

Ayrıca katkı maddelerinin %5 ve %10 oranda katkı ilavesinin serbest basınç mukavemetine etkileri tüm katkı maddeleri için toplu olarak Şekil 7 ve Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 7. Katkısız ve %5 katkılı kil numuneleri için kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi (soldan sağa sırasıyla katkısız, mermer tozu,pomza tozu,kireç tozu)



Şekil 8. Katkısız ve %10 katkılı kil numuneleri için kür sürelerine ve donma-çözülme çevrim sayılarına bağlı olarak serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi (soldan sağa sırasıyla katkısız, mermer tozu,pomza tozu,kireç tozu)

Şekil 7 ve Şekil 8 de görüldüğü gibi kireç katkılı stabilizasyon serbest basınç mukavemetinde belirgin artışlar sağlamakta, %5 pomza ilave edilerek yapılan stabilizasyon kür süresine bağlı olarak serbest basınç mukavemetinde artış sağlamakta, %10 pomza ilave edildiği durumda ve mermer tozunun tüm ilave oranlarında serbest basınç mukavemetine olumlu bir katkıda bulunmadığı görülmüştür.

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada ince daneli zemin numunesinin iyileştirilmesinde farklı katkı maddeleri (mermer tozu, pomza tozu ve kireç tozu) kullanarak hem zeminlerin iyileştirilmesi hem de bazı mühendislik özelliklerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Kireç katkılı stabilizasyonun serbest basınç mukavemetinde belirgin artışlar sağladığı, %5 pomza ilave edilerek yapılan stabilizasyonun ise kür süresine bağlı olarak serbest basınç mukavemetinde kirece gör daha düşük oranda artış sağladığı görülmüştür. Ağırlıkça %10 pomza ilave edilen durum ve mermer tozunun ilave edildiği tüm durumların serbest basınç mukavemetine olumlu bir katkıda bulunmadığı görülmüştür.

Yapılan serbest basınç deneyleri sonuçlarına göre zemin numunesine katkı maddesi olarak katılan kireç ve pomza tozunun katkı oranının önemli olduğu, mermer tozunun ise serbest basınç mukavemetine olumlu katkısının olmadığı görülmüştür. Serbest basınç mukavemetine olumlu katkı sağlayan pomza v kireç tozunun kil numunesinin mineralojik yapısına doğrudan etki yaparak katkı oranlarına göre kil numunesinin bağ yapısını değiştirdiği tahmin edilmektedir.

Bir diğer sonuç olarak, donma-çözülme çevrimine maruz kalan zeminlerde her durumda serbest basınç mukavemeti kaybı yaşandığı söylenebilir. bir donma – çözülme çevrimi için 48 saat geçmesi gerektiği için çevrimin etkisini belirlemek için 48 saatlik donma-çözülme çevrimine maruz kalmayan durumdaki değerler dikkate alınmıştır. İkinci çevrim sonunda birinci çevrim sonundaki serbest basınç değerlerinden daha yüksek serbest basınç mukavemeti değerlerinin görülmesinin nedeninin iki çevrim için geçen sürenin bir çevrim için geçen süreden fazla olması ve bu fazladan geçen süre ile zeminin bağlarının güçlenerek serbest basınç mukavemetinin daha çok artması olduğu tahmin edilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araşturma Projeleri Destekleme Programı tarafından 1919B011600445 nolu proje numarası ile desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Alkaya D., 2009. Uçucu Küllerin Zemin İyileştirilmesinde Kullanılmasının İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5, 1, 61-72.

Aytekin M., 2002. Zeminlerin Değirmen Artığı Malzeme ile Stabilizasyonu. Anadolu Üniversitesi Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, 30 Eylül-1 Ekim.

Gökçer, B., Yıldız S., Keleştemur, O., 2013. Atık Mermer Tozu ve Cam Lif İçeren Harç Numunelerinin Donma-Çözülme Etkisi Altındaki Davranışları. SDÜ Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, Aralık (2013), 18-30.

Işık, A., Çevikbilen, G., Hatipoğlu M., İyisan R., 2014. Donma ve Çözülmenin Taşıma Gücüne Etkisi. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 15. Ulusal Kongresi, 16-17 Ekim 2014, ODTÜ, Ankara.

Kaplan, A., ve Keskin S.N., 2016. Killi Zeminlerin Stabilizasyonunda Farklı Katkı Malzemeleri Kullanılarak Sürdürülebilir Çevre ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi. TÜBİTAK 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destekleme Programı.

Özgan, E., ERTÜRK, S., SERİN, S., 2012. Donma ve Çözülmenin Kohezyonlu Zeminlerin Fiziksel Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi 1,1, 7-16.

Şengül, Ö., Taşdemir, C., Koruç, Ş., Sönmez, R., 2003. Agrega Türünün Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığına Etkisi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul.

Tan, Ö., Olgun, M., Erkan, İ.H., 2012. Stabilize Edilmiş Şişen Zeminlerin Donma-Çözülme Etkisi Altındaki Davranışları. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 14. Ulusal Kongresi, 4-5 Ekim, SDÜ, Isparta.

Topçu, İ.B., Canbaz, M., 2004. Silis Dumanlı Betonlarda Donma-Çözülme Etkisinin İncelenmesi, Beton 2004 Hazır Beton Kongresi, İstanbul.

Ünal, O., Uygunoğlu, T., 2003. Atık Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma-Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık.

Ünal, O., Uygunoğlu, T., 2004. Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu Kül Katkılı Betonların Donma-Çözülme Özellikleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14, İzmir.

Yıldırım, S. T., Ekıncı, C.E., 2006. Çelik, Cam ve Polipropilen Lifli Betonlarda Donma-Çözülme Etkilerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18, 3, 359-366.

Zaimoğlu, A.Ş., Yetimoğlu, T., Çalik, Y., Akbulut, R.K., 2012. Ayrık Polimer Liflerle Rastgele Donatılı İnce Daneli Zeminlerde Donatı Uzunluğunun Donma-Çözülme Davranışına Etkisi. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 14. Ulusal Kongresi, 4-5 Ekim, SDÜ, Isparta.

Zaimoğlu, A.Ş., Hattatoğlu, F., Akbulut, R.K., 2013. Yüke Maruz İnce Daneli Zeminlerin Donma-çözülme Davranışı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 19, 3, 117-120.

Zorluer İ., Usta M., 2003. Zeminlerin Atık Mermer Tozu ile İyileştirilmesi. Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık.